

## RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 21/07/2018.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE  
NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA**

**Alini Mari Veira**  
Zootecnista

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE  
NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA**

**Alini Mari Veira**

**Orientador: Prof. Dr. Luciano Hauschild**

**Dissertação Apresentada à Faculdade de  
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,  
Câmpus de Jaboticabal, como parte das  
exigências para a obtenção do título de  
Mestre em Zootecnia.**

**2017**

Veira, Alini Mari

V427r Resposta individual de suínos à ingestão de níveis crescentes de valina e isoleucina / Alini Mari Veira. -- Jaboticabal, 2017  
xiii, 61 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,  
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017

Orientador: Luciano Hauschild

Banca examinadora: Edney Pereira da Silva, Pedro Henrique  
Watanabe

Bibliografia

1. Aminoácidos de cadeia ramificada. 2. Nutrição de precisão. 3.  
Variabilidade animal. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências  
Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.084.5:636.4

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –  
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA

**AUTORA: ALINI MARI VEIRA**

**ORIENTADOR: LUCIANO HAUSCHILD**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. LUCIANO HAUSCHILD  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. PEDRO HENRIQUE WATANABE (Participação por Videoconferência)  
UFC / Universidade Federal do Ceará - Fortaleza/CE

Prof. Dr. EDNEY PEREIRA DA SILVA  
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 21 de fevereiro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**Alini Mari Veira** – nascida na cidade de Bauru, estado de São Paulo em 8 de outubro de 1990. Ingressou no curso de Zootecnia na Universidade Federal do Ceará no ano de 2010. Durante a graduação, fez estágio na área de produção e nutrição de suínos, participou de projetos de pesquisa, foi membro da Empresa Junior de Zootecnia da Universidade Federal do Ceará, foi membro do Núcleo de Ensino e Estudos em Suinocultura da UFC de agosto de 2010 a junho de 2014, graduando-se em dezembro de 2014. Durante o período de agosto de 2012 a julho de 2014 foi bolsista de iniciação científica (CNPq) sob orientação do Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe. Em março de 2015 iniciou o curso de Mestrado do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/UNESP – Câmpus de Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Luciano Hauschild, apresentando esta dissertação à banca de defesa em fevereiro de 2017.

*“As nuvens mudam sempre de posição, mas são sempre nuvens no céu. Assim devemos ser todo dia, mutantes, porém leais com o que pensamos e sonhamos”.*

*Paulo Beleki*

*“Obstáculos são aquelas coisas assustadoras que você vê quando desvia seus olhos de sua meta”.*

*Henry Ford*

*A minha amada mãe, Emília, por seu infinito amor, por todo apoio em todos os momentos da minha vida, por todo o carinho, amizade, compreensão. Simplesmente, por ser a pessoa mais bondosa que eu já pude conhecer. Por me ensinar a respeitar e ajudar as pessoas (e os animais) sem esperar nada em troca. Por acreditar nos meus sonhos e permitir que eu corra atrás deles, sem medir esforços para me ajudar nesse caminho. Mais do que amo, eu sou você!*

*“Com você eu aprendi todas as lições, eu enfrentei os meus dragões e só depois me deixou voar. Mesmo o mundo querendo me derrubar, ao meu lado você sempre está para me levantar quando eu cair. Mas eu só quero lembrar que de dez vidas, onze eu te daria. Que foi vendo você que eu aprendi a lutar! Mas eu só quero lembrar antes que meu tempo acabe, para você não se esquecer, que se Deus me desse uma chance de viver outra vez, eu só queria se tivesse você!”*

*Dedico.*



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me dar a vida, por sempre me colocar no caminho certo, realizando obras maravilhosas em minha vida, mesmo que, muitas vezes, eu não possa ver com meus olhos humanos, o Senhor sempre tem o melhor para mim e me dá forças para prosseguir.

À minha família, por tudo que eu sou! Por todo apoio e amor, por aceitarem a minha ausência e ansiarem a minha presença. Por não medirem esforços para que eu pudesse estudar. Vocês são a minha certeza!

Ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - Unesp Jaboticabal, pela oportunidade de realização deste curso e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pela concessão da bolsa de estudos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luciano Hauschild, pela confiança depositada em mim, por todas as oportunidades de crescimento profissional e pessoal, por todo apoio e compreensão nos momentos de incerteza, por toda sua humildade e humanidade, por ensinar à sua equipe o verdadeiro significado de liderança. Você, com toda certeza, é um exemplo a ser seguido!

À minha adorada equipe, que são, na verdade, grandes amigos. Esse trabalho não existiria sem a ajuda física, intelectual e emocional que vocês me dão diariamente. Obrigada por todos os momentos de trabalho, descontração, amizade e por tornarem momentos difíceis mais leves e engraçados. Obrigada por toda a sintonia que nosso grupo tem. Vocês são a melhor equipe!

Aos animais, por toda a pureza e por serem modelos para este estudo. Graças ao amor por eles pude conhecer a zootecnia.

Aos funcionários do setor de suinocultura, José e Wilson, e da fábrica de ração, Helinho e Lucas, por me ajudarem nas atividades do experimento, sempre com otimismo e bom humor, me confortando de que tudo daria certo.

Às minhas 'Carmelitas e Dudu', Bruna, Eduardo, Franciely, Kassia e Monique, e agregados, Caio e Lucas, minha família em Jaboticabal. Obrigada por todos os nossos dias, todos os nossos almoços e jantares de família, por todos os

aniversários e ocasiões especiais que comemoramos juntos, por todas as palavras e carinho em momentos difíceis, por todos os nossos momentos. Obrigada por dividirem a casa e o coração comigo!

Aos meus amados amigos, que mesmo longe se fazem sempre perto. Obrigada pela amizade sincera, pelas palavras confortantes, pela presença em momentos bons e ruins, por recarregarem minhas energias, por me aceitarem na vida de vocês e fazerem parte da minha, sendo uma extensão da minha família. Em especial, meus amigos Lucas e Fernanda, que me deram um dos melhores presentes, meu afilhado, Caio. Amo Vocês!

Ao Prof. Dr. Pedro Henrique Watanabe, meu orientador durante toda a graduação, por todos os ensinamentos, pela paciência, pela amizade, por acreditar em mim e no meu trabalho, por despertar em mim a vocação para pesquisa, pelo exemplo de profissional e ser humano. Sempre serei grata e terei grande admiração por você, Professor!

Ao Prof. Dr. Edney Pereira da Silva, por todos os ensinamentos, apontamentos e sugestões para enriquecer este trabalho.

À Dra. Nayara Tavares Ferreira, por toda contribuição e considerações feitas na banca de qualificação.

Aos amigos Rafael e Emanuela, doutorandos que acompanhei durante a iniciação científica, por tudo que me ensinaram, pela confiança, amizade e por serem grandes incentivadores para que eu seguisse na carreira acadêmica. Meus 'chefes' queridos!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da FCAV-UNESP, por todos os ensinamentos.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), Ana Paula, Sr. Orlando e Joice, por toda a ajuda com as análises.

Aos funcionários da Seção Técnica de Pós-Graduação, por todo o suporte.

A todos que, de alguma forma, contribuíram com este trabalho e com a minha formação acadêmica.

Muito Obrigada!

## SUMÁRIO

CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS .....	9
RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	12
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	14
1. INTRODUÇÃO .....	14
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	15
2.1. NUTRIÇÃO DE SUÍNOS .....	15
2.2. DETERMINAÇÃO DE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS .....	16
2.3. PROBLEMÁTICA NA VARIABILIDADE ANIMAL .....	20
2.4. CARACTERIZAÇÃO DA VALINA E ISOLEUCINA .....	22
2.5. ABSORÇÃO E METABOLISMO DA VALINA E ISOLEUCINA .....	23
2.6. RELAÇÃO DA VALINA E ISOLEUCINA COM A LISINA .....	26
3. REFERÊNCIAS .....	28
CAPÍTULO 2 - ESTIMATIVA DA RELAÇÃO IDEAL DE VALINA E ISOLEUCINA COM A LISINA DIGESTÍVEL ILEAL ESTANDARDIZADA E SUA VARIABILIDADE PARA SUÍNOS DE 20 A 30 KG .....	33
RESUMO .....	34
1. INTRODUÇÃO .....	35
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	37
2.1. ANIMAIS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	37
2.2. DIETAS .....	38
2.3. COLETA DE DADOS .....	44
2.4. CÁLCULOS E ANÁLISE ESTATÍSTICA .....	45
3. RESULTADOS .....	46
4. DISCUSSÃO .....	53
5. CONCLUSÃO .....	56
6. AGRADECIMENTOS .....	56
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57

## CERTIFICADO DA COMISSÃO DE ÉTICA



### CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

#### CERTIFICADO

Certificamos que o Projeto intitulado “**Resposta individual de suínos a níveis crescentes de valina e isoleucina**”, protocolo nº 6.488/16, sob a responsabilidade do Prof. Dr. Luciano Hauschild, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao Filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da lei nº 11.794, de 08 de outubro de 2008, no decreto 6.899, de 15 de junho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), da FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS, UNESP - CÂMPUS DE JABOTICABAL-SP, em reunião ordinária de 04 de maio de 2016.

Vigência do Projeto	01/07/2016 a 01/08/2016
Espécie / Linhagem	Suínos
Nº de animais	16
Peso / Idade	20 kg
Sexo	Macho
Origem	Granja

Jaboticabal, 04 de maio de 2016.

  
**Profª Drª Lizandra Amoroso**  
 Coordenadora – CEUA

## RESPOSTA INDIVIDUAL DE SUÍNOS À INGESTÃO DE NÍVEIS CRESCENTES DE VALINA E ISOLEUCINA

**RESUMO** – O ajuste da oferta de aminoácidos dos alimentos às exigências nutricionais dos animais e sua variabilidade são importantes para que ocorra a melhor eficiência de utilização desses nutrientes. Estudos para determinar a variabilidade na relação dos aminoácidos valina e isoleucina com a lisina são escassos para suínos em crescimento. Diante disso, foram realizados dois ensaios de balanço de nitrogênio (BN) para estimar a relação ideal de valina (Val) e de isoleucina (Ile) com a lisina (Lys) digestível ileal estandardizada (DIE) e suas variabilidades para suínos dos 20 a 30 kg de peso vivo. Em cada ensaio foram utilizados oito suínos machos castrados de alto potencial genético com peso médio inicial de  $20,80 \pm 1,30$  kg para a avaliação da relação Val:Lys DIE e  $21,90 \pm 1,66$  kg para a avaliação da relação Ile:Lys DIE. Dentro de cada ensaio, sete dietas com diferentes relações de Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foram avaliadas. O fornecimento das diferentes relações de Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi em níveis crescentes (Val:Lys DIE: 0,56 a 0,74; Ile:Lys DIE: 0,43 a 0,61) com troca de dieta a cada três dias para cada indivíduo (unidade experimental). Os suínos foram alojados em gaiolas de metabolismo por 28 dias, sendo sete dias de adaptação e 21 dias de experimento. A retenção de nitrogênio (RN) em função da relação Val:Lys DIE e Ile:Lys DIE foi avaliada por indivíduo (modelo linear response plateau, LRP) e grupo (LRP e o modelo quadrático response plateau, QRP). O  $R^2$  do modelo LRP aplicado a cada indivíduo variaram de 0,55 a 0,85 para a relação Val:Lys DIE e de 0,58 a 0,95 para Ile:Lys DIE. Os pontos de máxima do modelo LRP foram diferentes entre os indivíduos, apresentando uma variabilidade de 9% para relação Val:Lys DIE e de 13% para a relação Ile:Lys DIE. Em relação a RN, a variabilidade foi 33% entre indivíduos do ensaio da Val:Lys DIE e de 35% para Ile:Lys DIE. Na estimativa da relação ideal de Val:Lys DIE para grupo de indivíduos, o modelo LRP estimou um valor de 0,67 e o QRP de 0,70, representando uma diferença de 5%. Para a relação Ile:Lys DIE, o modelo LRP estimou um valor de 0,55 e o QRP de 0,62, resultando em uma diferença de 13%. A relação ideal para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo

variou de 0,62 a 0,68 para Val:Lys DIE e de 0,52 a 0,60 para Ile:Lys DIE. A relação ideal estimada para otimizar a RN da população foi de 0,70 para Val:Lys DIE e 0,62 para Ile:Lys DIE.

**Palavras-chave:** aminoácidos de cadeia ramificada, nutrição de precisão, variabilidade animal.

## INDIVIDUAL RESPONSE OF SWINE TO INGESTION OF GROWING LEVELS OF VALINA AND ISOLEUCINA

**ABSTRACT** – The adjustment of the amino acid supply from foods to the nutritional requirements of the animals and their variability are important for a better nutrient utilization efficiency. Studies to determine the variability in the ratio of amino acids valine and isoleucine to lysine are scarce for growing pigs. Two nitrogen (N) balance tests were performed to estimate the ideal ratio of valine (Val) and isoleucine (Ile) to standardized ileal digestible lysine (SID) and its variability for swine from 20 to 30 kg live weight. In each test, eight castrated male pigs of high genetic potential with an initial mean weight of  $20.80 \pm 1.30$  kg were used to evaluate the SID Val: Lys ratio and  $21.90 \pm 1.66$  kg for the evaluation of the SID Ile: Lys. Within each test, seven diets with different SID Val: Lys and SID Ile: Lys ratios were evaluated. The supply of the different SID Val: Lys and SID Ile: Lys ratios was increasing (SID Val: Lys: 0.56 to 0.74; SID Ile: Lys: 0.43 to 0.61) with diet change every three days for each individual (experimental unit). The pigs were housed in metabolism cages for 28 days, being seven days of adaptation and 21 days of experiment. Nitrogen retention (NR) as a function of SID Val: Lys and SID Ile: Lys was evaluated by individual (*linear response plateau*, LRP) and group (LRP and *quadratic response plateau*, QRP). The  $R^2$  of the LRP model applied to each individual ranged from 0.55 to 0.85 for the SID Val: Lys ratio and from 0.58 to 0.95 for SID Ile: Lys. The maximum points of the LRP model were different among the individuals, presenting a variability of 9% for SID Val: Lys ratio and 13% for the SID Ile: Lys ratio. In relation to NR, the variability was 33% between individuals of the SID Val: Lys test and 35% for SID Ile: Lys test. In the estimation of the ideal relation of SID Val: Lys for group of individuals, the LRP model estimated a value of 0.67 and the QRP of 0.70, representing a difference of 5%. For the SID Ile: Lys ratio, the LRP model estimated a value of 0.55 and the QRP of 0.62, resulting in a 13% difference. The ideal ratio for pigs weighing 20 to 30 kg varied from 0.62 to 0.68 for SID Val: Lys and from 0.52 to 0.60 for SID Ile: Lys. The ideal relation estimated to optimize the NR of the population was 0.70 for SID Val: Lys and 0.62 for SID Ile: Lys.

**Key-words:** branched chain amino acids, precision nutrition, animal variability.



## **CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS**

### **1. Introdução**

O Brasil possui um plantel reprodutivo de 1.720.255 matrizes suínas, tendo produzido 39.263.964 suínos para abate (ABCS, 2016), resultando em 3,6 milhões de toneladas de carne em 2015 (ABPA, 2016). A questão ambiental é um fator que se tornou preocupante na suinocultura. Um rebanho com 41 milhões de animais pode excretar aproximadamente 316 mil toneladas de nitrogênio e 44 mil toneladas de fósforo por ano. Para determinar essas estimativas assumiu-se uma excreção média de nitrogênio de 88 g/animal/dia e de fósforo de 29 g/animal/dia (LOVATTO et al., 2005). Na suinocultura industrial e semi-industrial, os custos com alimentação representam mais de 70% dos custos de produção (FIALHO et al., 2009).

Nesse contexto, estratégias alimentares estão sendo desenvolvidas para ajudar os produtores a aperfeiçoarem seus sistemas de produção, contribuindo para melhorar a suinocultura em relação à rentabilidade, competitividade e os padrões ambientais. Essas estratégias podem, por meio da melhora na eficiência de utilização dos nutrientes, reduzir custos, maximizar a produtividade e atender determinadas legislações ambientais (JEAN DIT BAILLEUL et al., 2000). Uma alternativa simples é o ajuste da oferta de nutrientes dos alimentos às exigências nutricionais dos animais é importante para que ocorra a melhor eficiência de utilização desses nutrientes.

As exigências nutricionais de um animal podem ser definidas como a quantidade de nutrientes necessária para atingir objetivos específicos de produção (FULLER, 2004). Na nutrição de suínos, os métodos mais utilizados para determinar as exigências nutricionais são o método dose-resposta e o fatorial. No dose-resposta a exigência é determinada com base na resposta de animais alimentados com rações contendo níveis crescentes de um determinado nutriente. O método fatorial, parte do princípio de que a exigência nutricional requerida é a soma das quantidades de nutrientes necessárias para a manutenção de processos fisiológicos vitais, crescimento e produção (SAKOMURA & ROSTAGNO, 2016). Esses métodos têm sido utilizados para estimar as exigências de uma população com base em um único indivíduo ou na resposta da população, respectivamente. No entanto, as exigências

nutricionais não podem ser estimadas a partir da resposta da população ou de um único indivíduo. A resposta de um indivíduo à ingestão de um nutriente é diferente da resposta da população em forma e magnitude (POMAR et al., 2003). Dessa forma, métodos que contemplem a determinação de exigências para indivíduos ou considerem a variabilidade no estabelecimento de programas nutricionais podem permitir um avanço importante dentro do conceito de nutrição de precisão.

Estudos para obter valores individuais da resposta à ingestão de um nutriente foram realizados e demonstram que existe variação da resposta entre os indivíduos (HEGER et al., 2002; 2007a; 2007b; KAMPMAN-VAN DE HOEK et al., 2014; ISOLA, 2015). No entanto, estudos para determinar a variabilidade na relação dos aminoácidos valina e isoleucina com a lisina são escassos para suínos em crescimento. Esses aminoácidos são, respectivamente, o quinto e o sexto aminoácido limitante em rações a base de milho e farelo de soja com proteína bruta reduzida. Diante disso, objetivou-se com a presente dissertação avaliar a resposta individual de suínos em crescimento, alimentados com rações contendo níveis crescentes dos aminoácidos valina e isoleucina para estimar a relação ideal desses aminoácidos com a lisina digestível ileal estandardizada e sua variabilidade entre os indivíduos. No capítulo 1, buscou-se realizar uma revisão de literatura abordando o conceito de resposta individual versus população em relação à ingestão e importância dos aminoácidos valina e isoleucina na nutrição de suínos em crescimento. Essa revisão irá embasar a compreensão do capítulo 2, no qual está descrito o experimento científico propriamente dito e a discussão dos resultados obtidos.

307

308

309

310

311

312

313

314

315

316

317

318

319

320

321

322

323

## 324 **5. CONCLUSÃO**

325 A relação ideal de para suínos de 20 a 30 kg de peso vivo variou de 0,62 a 0,68

326 para Val:Lys DIE e de 0,52 a 0,60 para Ile:Lys DIE. A relação ideal estimada para

327 otimizar a retenção de N da população foi de 0,70 para Val:Lys DIE e 0,62 para Ile:Lys DIE.

328

## 329 **6. AGRADECIMENTOS**

330 Os autores agradecem a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo  
331 (FAPESP) pelo financiamento do projeto (2012/03781-0) e a Coordenação de  
332 Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

333

## 334 **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

335 AOAC. Official Methods of Analysis (15 Ed.). 1990. Arlington, VA: Association of Official  
336 Analytical Chemists.

337 ARC. The nutrient requirements of pigs. 1981. Commonwealth Agricultural Bureaux, Slough,  
338 England.

339 BERTOLO, R. F.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P. B.; BALL, R.O. 2005. Estimate of the  
340 variability of the lysine requirement of growing pigs using the indicator amino acid  
341 oxidation technique. *Journal of Animal Science*, 83:2535–2542.

342 BROWN, J. A.; CLINE, T. R. 1974. Urea excretion in the pig: an indicator of protein quality  
343 and amino acid requirements. *The Journal of Nutrition*, 104(5), 542-545.

344 CORZO, A.; FRITTS, C. A.; KIDD, M. T.; KERR, B. J. 2005. Response of broiler chicks to  
345 essential and non-essential amino acid supplementation of low crude protein diets.  
346 *Journal of the Animal Feed Science and Technology*, 118(3), 319-327.

347 DENG, D.; HUANG, R. L.; LI, T. J.; WU, G. Y.; XIE, M. Y.; TANG, Z. R.; YIN, Y. L.  
348 2007a. Nitrogen balance in barrows fed low-protein diets supplemented with essential  
349 amino acids. *Livestock Science*, 109:220–223.

350 DENG, D.; LI, A. K.; CHU, W. Y.; HUANG, R. L.; LI, T. J.; KONG, X. F.; YIN, Y. L.  
351 2007b. Growth performance and metabolic responses in barrows fed low-protein diets  
352 supplemented with essential amino acids. *Livestock Science*, 109:224–227.

- 353 EUCLYDES, R. F.; ROSTAGNO, H. S. 2001. Estimativa dos níveis nutricionais via  
354 experimentos de desempenho. In: I WORKSHOP LATINO-AMERICANO  
355 AJINOMOTO BIOLATINA, Foz do Iguaçu, Anais... Foz do Iguaçu. p.77-88 excretion.  
356 Feedstuffs 71(17): 12-19.
- 357 FERGUSON, N. S.; GOUS, R. M. 1997. The influence of heat production on voluntary food  
358 intake in growing pigs given protein-deficient diets. *Animal*, v. 64, n. 02, p. 365-378.
- 359 FIGUEROA, J. L.; LEWIS, A. J.; MILLER, P. S.; FISCHER, R. L.; DIEDRICHSEN, R. M.  
360 2003. Growth, carcass traits, and plasma amino acid concentrations of gilts fed low-  
361 protein diets supplemented with amino acids including histidine, isoleucine, and valine.  
362 *Journal of Animal Science*, 81:1529–1537.
- 363 FULLER, M.F.; MCWILLIAM, R.; WANG, T.C.; GILES L.R. 1989. The optimum dietary  
364 amino acid pattern for growing pigs. *British Journal of Nutrition*, v.62, n.2, p.225– 267.
- 365 GAINES, A. M.; KENDALL, D. C.; ALLEE, G. L.; USRY, J. L.; KERR, B. J. 2011.  
366 Estimation of the standardized ileal digestible valine-tolysine ratio in 13-to 32-kilogram  
367 pigs. *Journal of Animal Science*, 89:736–742.
- 368 HEGER, J.; KRIZOVA, L.; SUSTALA, M.; NITRAYOVA, S.; PATRAS, P.; HAMPEL, D.  
369 2007a. Assessment of statistical models describing individual and group response of  
370 pigs to threonine intake. *Journal of Animal and Feed Science*, 16, 420-432.
- 371 HEGER, J.; KRIZOVA, L.; SUSTALA, M.; NITRAYOVA, S.; PATRAS, P.; HAMPEL, D.  
372 2007b. Individual response of growing pigs to sulphur amino acid intake. *Journal of*  
373 *Animal Physiology and Animal Nutrition*, 92, 18-28.
- 374 HTOO, J.; WILTAFSKY, M. K. 2011. Roles, metabolism y antagonismos de aminoácidos de  
375 cadena ramificada em la nutrición animal. *Amino News*, v. 16, n. 1, p. 25-32.

- 376 KAMPMAN-VAN DE HOEK, E.; GERRITS, W. J. J.; VAN DER PEET-SCHWERING, C.  
377 M. C.; JANSMAN, A. J. M.; VAN DEN BORNE, J. J. G. C. 2014. A simple amino acid  
378 dose–response method to quantify amino acid requirements of individual meal-fed pigs.  
379 *Journal of Animal Science*, v. 91, n. 10, p. 4788-4796.
- 380 KERR, B. J.; MCKEITH, F. K.; EASTER, R. A. 1995. Effect on performance and carcass  
381 characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid-  
382 supplemented diets. *Journal of Animal Science*, 73:433–440.
- 383 KERR, B. J.; SOUTHERN, L. L.; BIDNER, T. D.; FRIESEN, K. G.; EASTER, R. A. 2003.  
384 Influence of dietary protein level, amino acid supplementation, and dietary energy  
385 levels on growing finishing pig performance and carcass composition. *Journal of*  
386 *Animal Science*, 81:3075–3087.
- 387 LECLERCQ, B.; BEAUMONT, C. 2000. Etude par simulation de la réponse des troupeaux  
388 de volailles aux apports d'acides aminés et de protéines. *Productions Animales*, v.13,  
389 p.47-59.
- 390 LEWIS, A. J.; NISHIMURA, N. 1995. Valine requirement of the finishing pig. *Journal of*  
391 *Animal Science*, 73:2315–2318.
- 392 LUCAS, I. A. M. Problems of the science of pig feeding. In: Proc. Conf. Agric. Res. Workers  
393 and Agric. Economists, 1960, London, UK. London, UK: Pig Industry Development  
394 Authority, 1960. p. 32-50.
- 395 MOEHN, S.; SHOVELLER, A.K.; RADEMACHER, M.; BALL, R.O. 2008. An estimate of  
396 the methionine requirement and its variability in growing pigs using the indicator amino  
397 acid oxidation technique. *Journal of Animal Science*, 86:364–369.
- 398 NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Nutrient requirements of swine. 11.ed.  
399 Washington, D.C.: National Academy Press, 2012.

- 400 NOBLET, J.; QUINIOU, N. 1999. Principaux facteurs de variation du besoin en acides  
401 aminés du porc en croissance. *Techni-Porc*, v.22, p.9-16.
- 402 PACK, M. Models used to estimate nutrient requirements with emphasis in economic aspects.  
403 In: *Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de aves e Suínos*. 1996,  
404 Viçosa, Anais... Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1996. P.43-54.
- 405 PEKAS, J.C. 1968. Versatile swine laboratory apparatus for physiologic and metabolic  
406 studies. *Journal of Animal Science*, 27(5):1303-1306.
- 407 POMAR, C. A systematic approach to interpret the relationship between protein intake and  
408 deposition and to evaluate the role of variation on production efficiency in swine. In:  
409 SYMPOSIUM ON DETERMINANTS OF PRODUCTION EFFICIENCY IN SWINE,  
410 1995. *Proceedings...1995*. p.361-375.
- 411 POMAR, C.; KYRIAZAKIS, I.; EMMANS, G. C.; KNAP, P.W. 2003. Modeling  
412 stochasticity: Dealing with populations rather than individual pigs. *Journal of Animal*  
413 *Science*, v.81, p.E178-186.
- 414 PRANDINI, A. L. D. O.; SIGOLO, S.; MORLACCHINI, M.; GRILLI, E.; FIORENTINI, L.  
415 2013. Microencapsulated lysine and low-protein diets: Effects on performance, carcass  
416 characteristics and nitrogen excretion in heavy growing–finishing pigs. *Journal of*  
417 *Animal Science*, 91:4226–4234.
- 418 ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L. ; GOMES, P. C. ; OLIVEIRA, R.  
419 F. ; LOPES, D. C. ; FERREIRA, A. S. ; BARRETO, S. L. T. ; EUCLIDES, R. F.  
420 Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências  
421 nutricionais. 3. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa. 2011.
- 422 ROUX, M. L.; DONSBOUGH, A. L.; WAGUESPACK, A. M.; POWELL, S.; BIDNER, T.  
423 D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. 2011. Maximizing the use of supplemental

- 424 amino acids in corn-soybean meal diets for 20- to 45-kilogram pigs. *Journal of Animal*  
425 *Science*, 89:2415–2424.
- 426 SAKOMURA, N. K.; ROSTAGNO, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de  
427 monogástricos. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 262 p, 2016.
- 428 WAGUESPACK, A. M.; BIDNER, T. D.; PAYNE, R. L.; SOUTHERN, L. L. 2012. Valine  
429 and isoleucine requirement of 20- to 45-kilogram pigs. *Journal of Animal Science*,  
430 90:2276–2284.
- 431 WELLOCK, I. J.; EMMANS, G. C.; KYRIAZAKIS, I. 2004. Modeling the effects of  
432 stressors on the performance of populations of pigs. *Journal of Animal Science*, v.82,  
433 p.2442-2450.